

1. Introdução

1.1. Contexto Histórico

O Sistema de Produção Just-in-Time (JIT) teve seu início no Japão no início da década de 70 e tinha como principais objetivos, além da redução de todo tipo de estoques: a eliminação de desperdícios, a melhor qualidade dos produtos e o aumento na flexibilidade do sistema. Isso era obtido através da minimização dos estoques, da redução de produtos defeituosos durante a fabricação para evitar o retrabalho, da diminuição do tempo de espera que os produtos aguardavam para serem processados, dentre outras boas práticas que evitavam gastos desnecessários e que não agregavam valor ao produto final.

Dessa forma, antes da filosofia advinda do Just-in-Time, era razoável considerar uma grande quantidade de Trabalhos em Processo (*Work in Process* – *WIP*) na linha de produção para suprir possíveis baixas de estoque, assim como um grande estoque de produtos acabados para absorver os erros de programação e dissociar sistemas complexos (MORTON e PENTICO, 1993). Os módulos mais simples resultantes podiam ser geridos de forma satisfatória com base na experiência humana. Hoje em dia é amplamente aceito que essa folga na programação, que produz estoque em processo, precisa ser progressivamente eliminada por uma série de razões:

- a) O aumento da complexidade e a rápida obsolescência dos produtos.
- b) Aprendizado mais rápido para eliminar falhas do processo.
- c) Desejo dos clientes por um prazo de entrega mais curto com a revisão da ordem de serviço mais fácil durante o prazo.
- d) Reação mais flexível às mudanças no *mix* de produtos.
- e) Reação mais flexível aos problemas de oficina emergenciais.

- f) Conhecimento mais rápido da variação da qualidade dos produtos e a origem exata dessa variação.

1.2. Motivação

No ambiente atual de concorrência, o sequenciamento e programação eficientes se tornaram uma necessidade para a sobrevivência no mercado. As empresas têm de cumprir as datas de remessa que foram acertadas com os clientes, e o não cumprimento do acordado pode resultar em uma perda significativa de mercado. (PINEDO, 2008).

Apesar de existirem diversos estudos sobre o assunto, a literatura não dá o devido enfoque para o problema de sequenciamento aplicado ao processo de fabricação por Usinagem, que é uma área de fabricação básica para outros sistemas de produção.

A indústria bélica utilizada para o estudo de caso é uma Organização Militar (OM) composta por aproximadamente 500 funcionários, semelhante a uma indústria civil de médio porte.

O principal armamento fabricado nesta OM é um Morteiro Pesado com 120 milímetros de calibre, cuja fabricação das peças mais importantes será o foco desta dissertação. Para a fabricação dessas peças, será considerada somente a operação de usinagem por torneamento, haja vista ser a operação que compõe a maior parte da fabricação das peças.

A máquina utilizada para o processamento (torneamento) das peças é um torno com Controle Numérico Computadorizado (CNC), sem troca automática de ferramentas e com fixação manual da matéria-prima pelas castanhas.

Para o caso da indústria bélica brasileira analisada, onde é fabricado o armamento pesado utilizado para o estudo de caso nesta dissertação, foi verificada a inexistência de uma ordenação na fabricação das peças, a partir do momento em que as matérias-primas estão disponíveis para serem processadas. Essa falta de ordenação é explicada por não haver uma prioridade de fabricação em relação às peças.

Como se trata de uma empresa pública, a aquisição dos insumos (matérias-primas, ferramentas, etc) é feita através de processos licitatórios que demandam um tempo relativamente grande (no mínimo 3 meses). Após a conclusão das

licitações, iniciam-se os prazos para a entrega do material licitado. Por se tratar de um armamento, algumas peças (as principais que são analisadas nessa dissertação) exigem um nível de qualidade na matéria-prima diferenciado das encontradas para utilização comum, o que restringe o número de fornecedores e normalmente demanda ainda mais tempo para entrega do material licitado.

Dessa forma, toda a matéria-prima e os insumos para o início da fabricação ficam disponíveis em um mesmo instante e com um tempo útil muito apertado para a fabricação do armamento.

Considerando esse curto período para a fabricação, observou-se a necessidade de ser feita uma ordenação na fabricação das peças com o intuito de eliminar os gargalos e estoques e atender os prazos de entrega.

Corroborando para que seja feita uma programação da produção, geralmente, outras peças necessitam ser fabricadas nessa mesma máquina especificamente, devido ao seu porte, paralelamente à fabricação desse armamento, o que implica que ela esteja disponível o quanto antes.

Pode-se citar outro caso de aplicação da criação da programação da produção, na necessidade de se fabricar o armamento, tendo em vista, por exemplo, a participação de alguma concorrência internacional onde prazo de entrega do produto exija uma otimização no sequenciamento da produção.

Além disso, a otimização da produção está alinhada com as boas práticas de gestão de qualquer empresa, corroborando com os fatores críticos para o êxito na Missão do Exército Brasileiro no que tange à melhoria do emprego dos recursos e dos processos a cargo da Força Terrestre Brasileira.

1.3. Objetivos Gerais

O objetivo geral desta dissertação é estudar o problema de sequenciamento em uma única máquina, com tempos de preparação dependentes da sequência, e penalidades por antecipação e atraso, aplicado a um exemplo de processo de fabricação por usinagem.

O exemplo utilizado para o estudo desta dissertação é baseado na produção de um armamento pesado do Exército Brasileiro e os dados gerados para análise do problema de sequenciamento estão discutidos no Apêndice A, onde é explicada

a forma de obtenção de todos os parâmetros utilizados no modelo matemático utilizado.

Pretende-se implementar um modelo matemático para a busca da solução exata e testar este modelo exato com um número pequeno de trabalhos para validar o modelo e então aumentar o número de trabalhos a serem sequenciados.

Dessa forma, serão reunidas as metodologias de resolução e os trabalhos existentes na literatura sobre o problema do sequenciamento e aplicar ao caso específico de um dos processos de fabricação mais comuns existentes na indústria, que é a usinagem.

1.3.1. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, pretende-se analisar os tempos de processamento de um elenco de peças de médio a grande porte de uma indústria metal-mecânica da área bélica, para uma máquina de torneamento com Controle Numérico Computadorizado (CNC), bem como o tempo de preparação da máquina entre cada uma das fases de torneamento, já que a maioria das peças precisam ser fabricadas em duas fases.

De acordo com o Planejamento de Necessidades de Material (*Material Requirements Planning* – MRP), como cada peça tem sua importância para a montagem do produto final, estima-se que cada peça precise ser disponibilizada em uma determinada data prometida. Ainda de acordo com o MRP, se uma peça B precisa da peça A e da peça C para montar algum conjunto, subconjunto ou até mesmo um produto final, como exemplificado na Figura 1, é natural dar mais prioridade à entrega de A e C. Dessa forma, as penalidades por atraso levarão em conta essa dependência de um trabalho em relação ao outro. Já as penalidades por antecipação consideram os custos de manutenção em estoque de cada peça, principalmente em relação aos custos de proteção superficial contra oxidação das peças acabadas.

De posse do levantamento das estimativas dos dados, os mesmos serão utilizados para modelar o sistema através do *software* para resolução de problemas de programação e otimização AIMMS, que fornecerá a solução exata para o problema. Os mesmos dados serão utilizados para a busca da solução através de

métodos heurísticos e será feita uma comparação com a solução exata para avaliar e validar os parâmetros utilizados pela heurística.

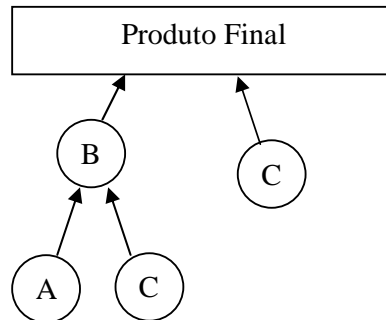


Figura 1 – Sistema MRP

Fonte: Autor

1.4. Estrutura da Dissertação

O presente trabalho está dividido em 8 capítulos e um apêndice, sendo feita aqui uma sucinta apresentação do contexto no qual o problema a ser estudado está inserido.

No primeiro capítulo foi apresentado o contexto histórico, os objetivos gerais e específicos, além da motivação do estudo da presente dissertação.

No capítulo 2 será feita uma explanação sobre o Problema de Programação na Produção.

O capítulo 3 falará sobre o problema específico de sequenciamento em uma única máquina, suas características, as principais medidas de desempenho utilizadas.

No capítulo 4 serão abordados os tempos de preparação de máquina com dependência da sequência.

O capítulo 5 dissertará acerca das penalidades por antecipação e atraso dos trabalhos do sequenciamento.

No capítulo 6 será apresentada a modelagem matemática para solução por método exato.

O capítulo 7 apresentará os resultados encontrados a partir do modelo matemático.

No capítulo 8 serão tiradas conclusões e feitas sugestões para trabalhos futuros.

O Apêndice A detalha o ambiente onde o problema ocorre e especifica os dados utilizados.